

УДК 661.577

М.В. Босий, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

## Застосування теплового насоса на природних водах у системах теплопостачання

Представлено результати дослідження ефективності використання теплового насоса в системах теплопостачання з водами природних водоймищ як джерела низькопотенційної теплової енергії.

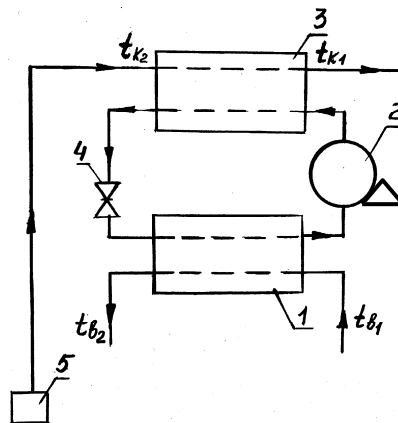
**тепловий насос, коефіцієнт трансформації теплового насоса, система теплопостачання, низькопотенційне джерело енергії**

Тепловий насос переносить теплоту від більш холодного тіла до більш нагрітого завдяки випаровуванню і конденсації, при використанні практично всіх джерел низькопотенційної теплоти. Теплонасосні установки доцільно використовувати в системах теплопостачання тому, що вони показали свою ефективність завдяки передачі споживачеві в 3...5 разів більше енергії, чим витрачають на її передачу [1, 2, 3]. Крім того, в теплових насосах використовуються екологічно чисті технології практично без викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище [4].

Найбільшого використання теплонасосні установки набувають для теплопостачання, гарячого водопостачання житлових і виробничих будівель, забезпечення тепловою енергією потрібного потенціалу ряду технологічних процесів (сушіння, дистиляція, теплове оброблення); тепло- та холодопостачання сільськогосподарських об'єктів (молочно-товарних ферм, фруктосховищ, зерносховищ та ін.).

Метою роботи є дослідження ефективності використання парокомпресійного теплового насоса в системі опалення.

Схема теплового насоса (ТН), на основі якої проводились дослідження, наведена на рис. 1.



- 1) випарник; 2) компресор; 3) конденсатор;  
4) дросель; 5) вода із системи опалення

Рисунок 1 – Схема парокомпресійного теплового насоса

Пара, що утворюється у випарнику 1, надходить до компресора 2, в якому тиск робочого тіла ТН значно підвищується, і далі надходить до конденсатора 3. В конденсаторі 3 робоче тіло ТН конденсується з відведенням теплоти до робочого тіла (теплоносія) контура опалення. Після цього конденсат первинного робочого тіла через дросель 4 знову підводиться до випарника 1.

При розрахунку задаємось джерелом теплоти низького потенціалу – (вода природних водоймищ) з температурою на вході у випарник  $t_{в1} = 8 - 10^0 \text{ C}$ , а на виході із нього  $t_{в2} = 4 - 6^0 \text{ C}$ . Температура води на вході в конденсатор  $t_{к2} = 35^0 \text{ C}$ .

Температура води на виході із конденсатора  $t_{к1} = 70^0 \text{ C}$ . Теплопродуктивність теплового насоса  $Q_t = 46 \text{ кВт}$ . Робочий агент R134a

Приймаємо кінцеву різницю температур у випарнику

$$\Delta t_b = t_{в2} - t_o = 3^0 \text{ C}. \quad (1)$$

Знаходимо температуру випаровування  $t_o$

$$t_o = t_{в2} - \Delta t_b = 6 - 3 = 3^0 \text{ C}. \quad (2)$$

Задаємось кінцевою різницею температур в конденсаторі

$$\Delta t_k = t_{к1} - t_{к2} = 5^0 \text{ C}. \quad (3)$$

Визначаємо температуру конденсації

$$t_k = t_{к1} - \Delta t_k = 70 - 5 = 65^0 \text{ C}. \quad (4)$$

З використанням  $T$ - $S$ -діаграми для R134a знаходимо параметри робочого агента в наступних характерних точках.

точка 1: $t_1 = t_o = 3^0 \text{ C}$	$p_1 = 0,49 \text{ МПа}$	$h_1 = 271 \text{ кДж/кг}$
точка 2: $t_2 = 75^0 \text{ C}$	$p_2 = 2,1 \text{ МПа}$	$h_2 = 300 \text{ кДж/кг}$
точка 3: $t_3 = 75^0 \text{ C}$	$p_3 = 2,1 \text{ МПа}$	$h_3 = 177 \text{ кДж/кг}$
точка 4: $t_4 = 3^0 \text{ C}$	$p_4 = 0,49 \text{ МПа}$	$h_4 = 177 \text{ кДж/кг}$

Внутрішня робота компресора

$$L_b = h_2 - h_1 = 300 - 271 = 29 \text{ кДж/кг} \quad (5)$$

Питоме теплове навантаження випарника

$$q_o = h_1 - h_4 = 271 - 177 = 94 \text{ кДж/кг} \quad (6)$$

Питоме теплове навантаження конденсатора

$$q_k = h_2 - h_3 = 300 - 177 = 123 \text{ кДж/кг} \quad (7)$$

Масова витрата робочого агента

$$G = Q_t / q_k = 46 / 123 = 0,373 \text{ кг/с} \quad (8)$$

Об'ємна продуктивність компресора

$$V_1 = 0,373 \cdot 0,275 = 0,102 \text{ м}^3/\text{с} \quad (9)$$

Розрахункове теплове навантаження випарника

$$Q_o = q_o \cdot G = 94 \cdot 0,373 = 35,06 \text{ кВт} \quad (10)$$

Розрахункове теплове навантаження конденсатора

$$Q_k = q_k \cdot G = 123 \cdot 0,373 = 45 \text{ кВт} \quad (11)$$

Приймаємо електромеханічний ККД компресора  $\eta_{ем} = 0,9$ .

Визначаємо питому роботу компресора

$$L_{км} = L_b / \eta_{ем} = 29 / 0,9 = 32,2 \text{ кДж/кг} \quad (12)$$

Питома витрата електроенергії на одиницю виробленої теплоти

$$\varepsilon_{\text{ТП}} = L_{\text{км}} / q_{\text{к}} = 32,2 / 123 = 0,261. \quad (13)$$

Електрична потужність компресора

$$N_{\text{е}} = L_{\text{км}} \cdot G = 32,2 \cdot 0,373 = 12 \text{ кВт}. \quad (14)$$

Коефіцієнт трансформації

$$\mu = q_{\text{к}} / L_{\text{км}} = 123 / 32 = 3,8; \quad (15)$$

$$\mu = 1 / \varepsilon_{\text{ТП}} = 1 / 0,261 = 3,8. \quad (16)$$

Середня температура низькопотенційного джерела теплоти (тепловіддавача)

$$T_{\text{н.сер}} = (283 + 279) / 2 = 281 \text{ К}, \quad t_{\text{н.сер}} = 8^{\circ} \text{С}. \quad (17)$$

Середня температура одержаної теплоти

$$T_{\text{в.сер}} = (343 + 308) / 2 = 325,5 \text{ К}, \quad t_{\text{в.сер}} = 52,5^{\circ} \text{С}. \quad (18)$$

Ексергетичний коефіцієнт корисної дії теплонасосної установки

$$\eta_{\text{е}} = q_{\text{к}} \cdot 0,1 / L_{\text{км}} = q_{\text{к}} + q_{\text{оп}} \cdot 0,1 / L_{\text{к}} = 123 + 38 \cdot 0,1 / 32,2 = 0,5. \quad (19)$$

Висновки:

Тепловий насос є надійним, високоефективним, безпечним та екологічним джерелом відновлювальної енергії для використання у системах опалення та гарячого водопостачання.

Ефективність парокомпресійного теплового насоса значною мірою залежить від температури низькопотенційних джерел теплоти. Розрахований коефіцієнт трансформації теплового насоса який працює на водах природних водоймищ дорівнює  $\mu = 3,8$  а ексергетичний коефіцієнт корисної дії теплонасосної установки становить  $\eta_{\text{е}} = 0,5$ .

## Список літератури

1. Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В.М. Бродянский. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
2. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. – М.: Энергиздат, 1981. – 320 с.
3. Горшков В.Г. Тепловые насосы // Аналитический обзор. Справочник промышленного оборудования. – 2004. – №2. – С. 47-80.
4. Накоряков В.Е., Елистратов С.Л. Экологические аспекты применения парокомпрессионных тепловых насосов // Изв. РАН. Энергетика. – 2007. – № 4. – С. 76-83.

Одержано 24.04.14